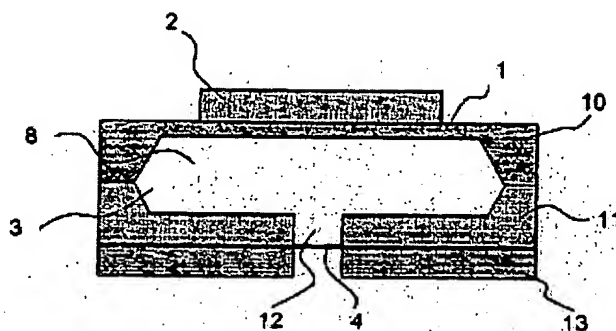


## Hydraulic flow amplifier for microsystems with drive diaphragm bending under energy supply

**Patent number:** DE19844518  
**Publication date:** 2000-04-06  
**Inventor:** SCHWESINGER NORBERT (DE); POBERING SEBASTIAN (DE)  
**Applicant:** SCHWESINGER NORBERT (DE); POBERING SEBASTIAN (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F15B3/00; F16K31/02; F04B43/04; H01L27/20  
- **european:** F04B43/04M2; F15C5/00; F16K31/00E; H01L41/09  
**Application number:** DE19981044518 19980928  
**Priority number(s):** DE19981044518 19980928

### Abstract of DE19844518

The drive diaphragm (2) bending provides a mechanical force for the microsystem and is integrated at the drive side in a first section of an amplifier cavity (3) with a large tapering cross-section, filled with an incompressible medium (8). An operational diaphragm (4) is integrated at the drive side with a second section of the amplifier cavity with a small cross-section and at the discharge side acts on the microsystem medium to be processed. The operational diaphragm comprises very flexible material.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 44 518 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 15 B 3/00**  
F 16 K 31/02  
F 04 B 43/04  
H 01 L 27/20

②1 Aktenzeichen: 198 44 518.0  
②2 Anmeldetag: 28. 9. 1998  
④3 Offenlegungstag: 6. 4. 2000

DE 198 44 518 A 1

⑦1 Anmelder:  
Pobering, Sebastian, Dipl.-Ing., 99099 Erfurt, DE;  
Schwesinger, Norbert, Dr.-Ing., 98693 Ilmenau, DE

⑦4 Vertreter:  
Engel und Kollegen, 98527 Suhl

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 197 35 156 C1  
DE 44 07 962 C1  
DE 43 32 720 C2  
DE 41 35 655 C2  
DE 196 06 040 A1

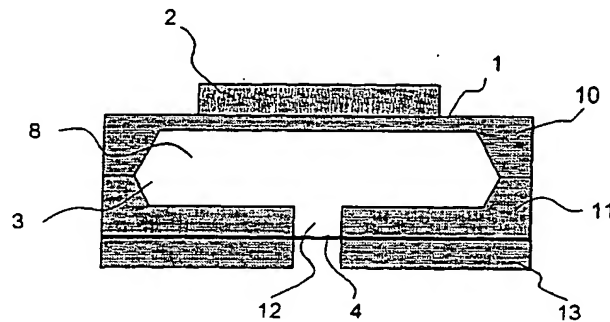
GERLACH, T.: Ein neues Mikropumpen-Prinzip mit  
dynamischen passiven Ventilen, Aachen, Shaker  
Verlag, 1996;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Hydraulischer Wegverstärker für Mikrosysteme

⑤7 Die Erfindung betrifft einen hydraulischen Wegverstärker für Mikrosysteme mit einer Antriebsmembran (2), die bei Energiezufuhr eine Biegebewegung zur Bereitstellung einer mechanischen Kraft im Mikrosystem ausführt und abtriebsseitig in einen ersten Bereich (6) eines Verstärkungshohlraums (3) mit einem großen Querschnitt integriert ist, wobei der Verstärkungshohlraum (3) mit einem inkompressiblen Medium (8) gefüllt ist und einen sich verjüngenden Querschnitt besitzt. Weiterhin ist eine Arbeitsmembran (4) aus elastischem Material vorgesehen, die antriebsseitig in einen zweiten Bereich (7) des Verstärkungshohlraums (3) mit einem geringen Querschnitt integriert ist und abtriebsseitig auf das zu beeinflussende Medium im Mikrosystem einwirkt. Durch eine geringe Auslenkung der Antriebsmembran wird damit eine große Auslenkung der Arbeitsmembran bewirkt. Mit der Erfindung können verbesserte Mikropumpen, Mikroventile und ähnliches aufgebaut werden.



DE 198 44 518 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen hydraulischen Wegverstärker für Mikrosysteme mit einer Antriebsmembran, die bei Energiezufuhr eine Biegebewegung zur Bereitstellung einer mechanischen Kraft im Mikrosystem ausführt.

In der Mikrosystemtechnik wird seit längerem nach Lösungen gesucht, durch welche elektrische Energie in mechanische Energie umgesetzt werden kann. Beispielsweise ist es im Bereich der Mikrofluidik erforderlich, mechanische Kräfte bereitzustellen, die zur Betätigung von Pumpen oder Ventilen eingesetzt werden. Aufgrund der Schwierigkeiten, die bei der unmittelbaren oder direkten Umsetzung elektrischer in mechanische Energie auftreten, haben sich Mikrosysteme bislang im industriellen Einsatz kaum durchsetzen können. Andererseits besteht ein erheblicher Bedarf, Mikrokomponenten anzuwenden, um die Miniarisierung in den verschiedensten Technikbereichen voranzubringen.

Aus der deutschen Patentschrift DE 43 32 720 C2 ist eine Mikromembranpumpe bekannt, die eine Membran aufweist, welcher von außen direkt mechanische Energie zugeführt wird. Ein abgeschlossenes Mikrosystem liegt in diesem Fall nicht mehr vor, da die Zuführung mechanischer Energie über eine Makro-Mikro-Kopplung gelöst wird. Die Einsatzmöglichkeiten dieses bekannten Systems sind daher beschränkt.

In der Veröffentlichung von T. Gerlach "Ein neues Mikropumpen-Prinzip mit dynamischen passiven Ventilen", Shaker Verlag, Aachen, 1996 ist eine Pumpenstruktur mit einem Piezo-Bimorph-Antrieb gezeigt. Auf der Außenseite einer Membran ist ein Piezokeramikkristall angeordnet, der als Energiewandler dient, wobei der piezoelektrische Quereffekt ausgenutzt wird. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die Piezokeramik kommt es zu einer Längenveränderung in Querrichtung, wodurch Spannungen in der Membran erzeugt werden, die letztlich zu einer gewünschten Durchbiegung der Membran führen. Da bei Piezoelementen der Quereffekt nur sehr geringe Längenänderungen bewirkt, ist die erzielbare Durchbiegung der Membran klein. Um eine verwertbare Volumenänderung des an die Membran angrenzenden Hohlraums, in welchem sich bei herkömmlichen Mikrosystemen das Arbeitsmedium befindet, zu erzielen, müssen relativ große Membranen verwendet werden. Dies vergrößert zwangsläufig das Totvolumen bei derartigen Anwendungen. Demzufolge ist der mögliche Arbeitsdruck insbesondere bei kompressiblen Medien sehr gering. Bei der Verwendung eines derartigen Mikrosystems als Mikropumpe ist auch bei inkompressiblen Medien aufgrund des großen Totvolumens der Wirkungsgrad schlecht.

Aus der deutschen Patentschrift DE 41 35 655 C2 ist weiterhin eine elektrostatische Mikromembranpumpe bekannt, die mit einer relativ großflächigen Membran arbeitet. Zwischen der Membran und einer Gegenelektrode wird ein elektrisches Feld aufgebaut, wodurch die Membran zu einer Bewegung veranlaßt wird. Größere Auslenkungen der Membran scheitern dabei auch an den zur Verfügung stehenden Kräften, da die in Mikrosystemen erzielbaren Feldstärken begrenzt sind. Der Einsatz kompressibler Medien bereitet auch bei dieser Anwendung Schwierigkeiten.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und einen hydraulischen Wegverstärker bereitzustellen, der in Mikrosystemen große Membranauslenkungen ermöglicht, die auch die Behandlung kompressibler Medien gestatten.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Antriebsmembran abtriebsseitig in einen ersten Bereich eines Ver-

stärkungshohlraums mit einem großen Querschnitt integriert ist, daß der Verstärkungshohlraum mit einem inkompressiblen Medium gefüllt ist und einen sich verjüngenden Querschnitt besitzt, und daß eine Arbeitsmembran abtriebsseitig in einem zweiten Bereich des Verstärkungshohlraums mit einem geringen Querschnitt integriert ist und abtriebsseitig auf das zu beeinflussende Medium im Mikrosystem einwirkt.

Dies ermöglicht den Einsatz einer biegeschlaffen Arbeitsmembran aus einem elastischen Material, die große Verformungen ausführen kann. Die notwendige Volumenänderung im Verstärkungshohlraum wird durch die Antriebsmembran bereitgestellt, die eine wesentlich größere Fläche als die Arbeitsmembran besitzt und aus einem biegesteifen Material hergestellt sein kann. Aufgrund des großen Flächenunterschieds zwischen Antriebsmembran und Arbeitsmembran wird die relativ geringe Durchbiegung der Antriebsmembran eine relativ große Durchbiegung der Arbeitsmembran hervorrufen, wobei durch die Verwendung eines inkompressiblen Mediums im Verstärkungshohlraum die Verluste klein gehalten werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist außerhalb des Verstärkungshohlraums auf der Antriebsmembran ein Piezokristall befestigt, der als Energieumwandlungselement arbeitet. Die Energiewandlung durch Ausnutzung des piezoelektrischen Effekts ermöglicht einen robusten und funktions-sicheren Aufbau des hydraulischen Wegverstärkers.

Eine abgewandelte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß eine Steuereinheit angeordnet ist, mit der die der Antriebsmembran zugeführte Energie dosiert werden kann. Auf diese Weise können unterschiedlich große Durchbiegungen der Antriebsmembran erzeugt werden, die direkt in unterschiedlich große Durchbiegungen der Arbeitsmembran umgesetzt werden. Je nach Anwendungsfall kann so beispielsweise die Durchflußmenge eines Mikroventils eingestellt werden.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform besitzt der Bereich des Verstärkungshohlraums mit großem Querschnitt einen ersten Volumenabschnitt mit einer zugeordneten ersten Antriebsmembran und mindestens einen zweiten Volumenabschnitt mit einer zweiten zugeordneten Antriebsmembran. Die beiden Volumenabschnitte stehen dabei in Verbindung, sind jedoch über einen fluidischen Widerstand weitgehend voneinander entkoppelt. Zumindest einer dieser beiden Volumenabschnitte mündet in den Bereich des Verstärkungshohlraums mit geringem Querschnitt, in welchem die Arbeitsmembran angeordnet ist. Diese Ausführungsform läßt sich beispielsweise einsetzen, wenn unterschiedlich große und unterschiedlich schnelle Auslenkungen der Arbeitsmembran erreicht werden sollen und im Verstärkungshohlraum Volumenänderungen unterschiedlichen Ausmaßes benötigt werden.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Systemkomponenten eines hydraulischen Wegverstärkers;

Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau einer ersten Ausführungsform des hydraulischen Wegverstärkers;

Fig. 3 den prinzipiellen Aufbau einer zweiten Ausführungsform des hydraulischen Wegverstärkers mit einer mikrotechnischen Gestaltung;

Fig. 4 den prinzipiellen Aufbau eines Mikroventils unter Verwendung des hydraulischen Wegverstärkers;

Fig. 5 den prinzipiellen Aufbau einer Mikropipette, unter Verwendung eines hydraulischen Wegverstärkers;

Fig. 6 den prinzipiellen Aufbau einer Linse mit variabler

Brennweite, unter Verwendung des hydraulischen Wegverstärkers;

Fig. 7 den prinzipiellen Aufbau einer Mikropumpe, unter Verwendung des hydraulischen Wegverstärkers.

In Fig. 1 sind in einem Blockschaltbild die wesentlichen Systemkomponenten eines erfindungsgemäßen hydraulischen Wegverstärkers gezeigt. Der Wegverstärker besteht aus einem Energiewandler 1, einer Antriebsmembran 2, einem Verstärkungshohlraum 3 und einer Arbeitsmembran 4. Bei dem Energiewandler 1 handelt es sich z. B. um ein Piezoelement, welches elektrische Energie in mechanische Energie umwandeln kann. Das Piezoelement ist an der Antriebsmembran 2 befestigt und ruft eine mechanische Verspannung der Antriebsmembran hervor.

Der Verstärkungshohlraum 3 ist mit einem inkompressiblen Medium, vorzugsweise einer geeigneten Flüssigkeit, gefüllt. Die Verbiegung bzw. Auslenkung der Antriebsmembran 2 bewirkt eine Volumenänderung des Verstärkungshohlraums und somit eine Druckänderung des im Verstärkungshohlraum enthaltenen Mediums. Der veränderte Druck wirkt über das inkompressible Medium auch auf die Arbeitsmembran 4 ein, so daß diese ebenfalls eine Durchbiegung vollziehen wird und eine Kraft auf das an die Abtriebsseite der Arbeitsmembran angrenzende Medium abgeben kann.

Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer ersten Ausführungsform des hydraulischen Wegverstärkers. Auf die Antriebsmembran 2 wirkt eine beliebige mechanische Kraft ein, die von dem in Fig. 2 nicht eingezeichneten Energiewandler bereitgestellt wird. Die Energiewandlung kann auf die verschiedensten Weisen erfolgen. Aus dem Stand der Technik sind neben der Anwendung des piezoelektrischen Prinzips beispielsweise auch elektrostatische oder magnetische Energiewandlungsprinzipien bekannt. Wesentlich ist, daß die Antriebsmembran 2 in an sich bekannter Weise eine Auslenkung  $w_{an}$  erfährt. Als Antriebsmembran können biegesteife Platten verwendet werden, so daß in Verbindung mit dem Energiewandler eine biegesteife Bimorphplatte entsteht. Die Antriebsmembran 2 ist in einem ersten Bereich 6 des Verstärkungshohlraums 3 angeordnet. Dieser erste Bereich 6 besitzt einen relativ großen Querschnitt Aar. (in Mikrosystemen beispielsweise  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ) der im wesentlichen von der Fläche der relativ großen Antriebsmembran bestimmt ist. Der Verstärkungshohlraum 3 besitzt weiterhin einen zweiten Bereich 7 mit einem geringen Querschnitt Aab. Der Querschnitt des Verstärkungshohlraums kann sich ausgehend von dem ersten Bereich 6 kontinuierlich oder diskontinuierlich (wie in Fig. 2 gezeigt) zum zweiten Bereich 7 hin verkleinern. Im zweiten Bereich 7 des Verstärkungshohlraums ist die Arbeitsmembran 4 angebracht, die auf ihrer Antriebsseite unmittelbar an ein inkompressibles Übertragungsmedium 8 angrenzt. Das inkompressible Medium 8 füllt den Verstärkungshohlraum 3 möglichst vollständig aus. Bei der Herstellung eines entsprechenden Wegverstärkers ist darauf zu achten, daß keine Lufteinschlüsse im Übertragungsmedium enthalten sind, da dies die Übertragungseigenschaften verschlechtern würde. Die Arbeitsmembran 4 und der ihr zugeordnete zweite Bereich 7 besitzen eine wesentlich kleinere Fläche als die Antriebsmembran 2. Da die Druckveränderung aufgrund einer Auslenkung der Antriebsmembran 2 durch das inkompressible Medium 8 nahezu vollständig auf die Arbeitsmembran 4 übertragen wird, bewirkt eine kleine Wegänderung  $w_{an}$  an der Antriebsmembran eine große Wegänderung  $w_{ab}$  an der Arbeitsmembran. Es kommt also zu einer sogenannten Wegverstärkung. Der Betrag der Wegverstärkung kann unter Einbeziehung der Flächen der beiden Membranen in bekannter Weise berechnet werden. Damit die Arbeitsmem-

bran diese große Auslenkung  $w_{ab}$  ausführen kann, muß sie aus einem elastischen Material bestehen. Beispielsweise kann Latex, Kautschuk oder ein ähnliches Material eingesetzt werden.

Fig. 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer zweiten Ausführungsform des hydraulischen Wegverstärkers. Diese Ausführungsform ist konstruktiv so gestaltet, daß sich der komplette Wegverstärker mit klassischen Verfahren der Mikrosystemtechnik herstellen läßt. Die Antriebsmembran 1 wird durch ätzen eines ersten Silizium-Wafers 10 erzeugt. Der Si-Wafer wird dabei bis auf die Dicke der Membran geätzt. Auf der nach außen gewandten Antriebsseite der Antriebsmembran 1 ist ein piezokeramisches Element als Energiewandler 2 aufgeklebt. Das Piezoelement und die Antriebsmembran bilden gemeinsam den Antriebsbimorph. Abtriebsseitig ist die Antriebsmembran 1 integraler Bestandteil einer oberen Kappe des Verstärkungshohlraums 3, indem sich das inkompressible Medium 8 befindet.

Der Verstärkungshohlraum 3 wird durch den ersten Si-Wafer 10 und einen zweiten Si-Wafer 11, der als untere Kappe wirkt, gebildet. Im zweiten Wafer 11 ist der Bereich 7 mit einem deutlich verringerten Querschnitt angeordnet. Das inkompressible Medium 8 füllt den von den beiden Wafers 10, 11 gebildeten Hohlraum vollständig aus. Als Übertragungsmedium 8 kann beispielsweise Wasser oder eine ölige Flüssigkeit verwendet werden. Der Verstärkungshohlraum 3 ist so auszulegen, daß beim Befüllen mit dem inkompressiblen Medium möglichst keine Gaseinschlüsse zurückbleiben, da diese den Wirkungsgrad des Wegverstärkers verschlechtern würden.

Der Bereich 7 mit dem verringerten Querschnitt erstreckt sich bis zur Antriebsseite der Arbeitsmembran 4. Bei der dargestellten Ausführungsform ist die Arbeitsmembran 4 großflächig zwischen der Unterseite des zweiten Wafers 11 und einem dritten Si-Wafer 13 befestigt. Es ist ein auf das Material der Arbeitsmembran 4 abgestimmtes Befestigungsverfahren zu wählen. Der dritte Si-Wafer 13 kann auch integraler Bestandteil des sich anschließenden Mikrosystems sein. Im Bereich 7 mit dem verringerten Querschnitt weist der dritte Wafer 13 eine entsprechende Aussparung auf, damit die Arbeitsmembran 4 in diese Aussparung ausgelenkt werden kann, sobald aufgrund einer geringfügigen Durchbiegung der Antriebsmembran eine Druckerhöhung im Übertragungsmedium 8 erzeugt wird. Die Arbeitsmembran 4 besteht aus einem elastischen Material, um eine große Auslenkung zu ermöglichen.

Fig. 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Mikroventils unter Einsatz des erfindungsgemäßen hydraulischen Wegverstärkers. Der Verstärkungshohlraum 3 ist wiederum zwischen der Antriebsmembran 1, die in diesem Fall durch eine ebene Platte gebildet ist, und dem unteren Wafer 11 eingeschlossen. Im Bereich 7 mit dem verringerten Querschnitt ist die Arbeitsmembran 4 befestigt. Entlang der Unterseite des unteren Wafers 11 verläuft ein Durchflußkanal mit einem Ventileingang 15 und einem Ventilausgang 16. Direkt unter der Arbeitsmembran 4 befindet sich ein Ventilsitz 17. In der dargestellten Ausführungsform ist der Ventilsitz 17 als im Kanal stehende Wand ausgebildet. Die mögliche Auslenkung der Arbeitsmembran 4 ist so dimensioniert, daß bei ausreichender Druckerhöhung im Übertragungsmedium 8 die Arbeitsmembran auf den Ventilsitz aufgepreßt wird. Dadurch ist der Durchflußkanal geschlossen. Bei geeigneter Ansteuerung des Energiewandlers 2 kann die resultierende Auslenkung der Arbeitsmembran 4 über einen bestimmten Bereich variiert werden, wodurch die Durchflußmenge des im Durchflußkanal transportierten Arbeitsmediums steuerbar ist. Es sind andere Gestaltungen dieser Ventilanordnung möglich, wobei besonders vorteilhaft ist, daß die Arbeits-

membran 4 aus einem elastischen Material besteht und dadurch eine hohe Abdichtungswirkung beim Aufpressen auf den Ventilsitz möglich wird. Bei bekannten Mikroventilen werden biegesteife Membranen angewendet, wodurch regelmäßig Leckstellen entstehen. Aufgrund der möglichen großen Auslenkung der elastischen Arbeitsmembran kann auch eine große Durchlaßöffnung bei insgesamt klein gehaltenen Ventilen bereitgestellt werden, so daß hohe Durchflußraten erzielbar sind. Eine große Durchlaßöffnung löst auch das Problem bisheriger Mikroventile, die bereits durch geringfügige Verunreinigungen im Arbeitsmedium zu Verstopfungen neigen.

Fig. 5 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Mikropipette, bei der der erfindungsgemäße hydraulische Wegverstärker eingesetzt wird. Auf der Antriebsmembran 1 ist neben dem ersten Energiewandler 2 ein zweiter Energiewandler 20 befestigt. Der Bereich des Verstärkungshohlraums 3 mit großem Querschnitt ist bei dieser Ausführungsform in einen ersten Volumenabschnitt 21 und einen zweiten Volumenabschnitt 22 unterteilt. Die beiden Volumenabschnitte 21, 22 stehen miteinander in Verbindung, sind jedoch über einen fluidischen Widerstand 23 (also eine wesentliche Querschnittsverengung) weitgehend voneinander entkoppelt. Dem ersten Volumenabschnitt 21 ist der Bereich der Antriebsmembran zugeordnet, welcher vorwiegend vom ersten Energiewandler 2 zur Auslenkung veranlaßt wird. Andererseits ist dem zweiten Volumenabschnitt 22 der Bereich der Antriebsmembran zugeordnet, welcher vorwiegend vom zweiten Energiewandler 20 zu einer entsprechenden Auslenkung veranlaßt wird. Die Arbeitsmembran 4 ist wiederum in dem Bereich mit dem stark verringerten Querschnitt befestigt und bei dieser Ausführungsform abtriebsseitig in einer Pipettenspitze 25 positioniert. Die Ansteuerung des ersten Energiewandlers 2 bewirkt eine relativ große Auslenkung der Antriebsmembran 1, so daß eine relativ große Volumenänderung des Verstärkungshohlraums 3 hervorgerufen wird. Dieser Vorgang wird zum Aufnehmen der zu pipettierenden Flüssigkeit genutzt. Dabei kann es besonders vorteilhaft sein, das die dem ersten Energiewandler 2 zugeordnete Antriebsmembran relativ elastisch ist, um große Volumenänderungen zu ermöglichen. Diese elastische Antriebsmembran ist dann aber nicht zur Erzeugung hoher Drücke geeignet. Der zweite Energiewandler 20 bewirkt demgegenüber eine relativ kleine Auslenkung der Antriebsmembran 1. Dieser Abschnitt der Antriebsmembran besteht vorzugsweise aus einem Material geringerer Elastizität, so daß zwar keine große Volumenänderung erzielbar ist, dafür aber hohe Drücke aufgebaut werden können. Dies kann für die Abgabe der aufgenommenen Flüssigkeit in kleinsten Mengen ausgenutzt werden. Bei geeigneter Ansteuerung des zweiten Energiewandlers 20 können hohe Druckimpulse erzeugt werden, die eine schnelle Abgabe kleiner Flüssigkeitsmengen bewirken. Der fluidische Widerstand 23 verhindert einen Druckausgleich während der kurzen Druckimpulse. Anschließend erfolgt über den fluidischen Widerstand der Volumenausgleich.

Fig. 6 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Linse mit variabler Brennweite, bei welcher ebenfalls der hydraulische Wegverstärker eingesetzt wird. Die Antriebsmembran 1 mit dem darauf befestigten Energiewandler 2 bildet den oberen Abschluß des Verstärkungshohlraums 3, in welchem das inkompressible Übertragungsmedium 8 eingeschlossen ist. Die Arbeitsmembran 4 besteht aus einem lichtdurchlässigen Material und bildet eine Linse innerhalb eines Lichtweges. Die Querschnittsverringerng im Verstärkungshohlraum 3 ist bei dieser Ausführungsform relativ klein gehalten, da nur geringe Auslenkungen der Arbeitsmembran 4 gewünscht sind. Die durch die Arbeitsmembran 4 gebildete

Linse verändert ihre Brennweite bei veränderter Auslenkung.

Fig. 7 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Mikropumpe, wobei der hydraulische Wegverstärker in die Antriebseinheit der Mikropumpe integriert ist. Der Aufbau dieser Ausführungsform entspricht weitgehend dem bereits für das Mikroventil erläuterten Aufbau. Die Arbeitsmembran 4 fungiert als Antriebsorgan der Pumpe und wird innerhalb eines Pumpenvolumens 30 ausgelenkt. Außerdem sind strömungstechnisch gegenläufig arbeitende Ventilkappen 31 vorgesehen, die ein Ansaugen bzw. Auspressen des zu pumpenden Mediums ermöglichen.

Es sind weitere vielfältige Anwendungsfälle für den hydraulischen Wegverstärker denkbar. Insbesondere im Bereich der Mikrofluidik kann die Erfindung bei Mikropumpen, Mikroventilen und anderen Bauelementen eingesetzt werden. Die konstruktiven Einzelheiten können bei solchen Anwendungen von den beschriebenen Ausführungsformen abweichen und sich an bekannten Prinzipien der Mikrosystemtechnik orientieren.

#### Patentsprüche

1. Hydraulischer Wegverstärker für Mikrosysteme mit einer Antriebsmembran (2), die bei Energiezufuhr eine Biegebewegung zur Bereitstellung einer mechanischen Kraft im Mikrosystem ausführt, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Antriebsmembran (2) abtriebsseitig in einen ersten Bereich (6) eines Verstärkungshohlraums (3) mit einem großen Querschnitt integriert ist;
- der Verstärkungshohlraum (3) mit einem inkompressiblen Medium (8) gefüllt ist und einen sich verjüngenden Querschnitt besitzt;
- eine Arbeitsmembran (4) antriebsseitig in einen zweiten Bereich (7) des Verstärkungshohlraums (3) mit einem geringen Querschnitt integriert ist und abtriebsseitig auf das zu beeinflussende Medium im Mikrosystem einwirkt.

2. Hydraulischer Wegverstärker nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsmembran (4) eine biegeschlaife Membran aus einem stark elastischen Material ist.

3. Hydraulischer Wegverstärker nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmembran (2) eine biegesteife Bimorphplatte ist.

4. Hydraulischer Wegverstärker nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiezufuhr an die Antriebsmembran (2) durch einen auf dieser außerhalb des Verstärkungshohlraums (3) befestigten Piezokristall (1) erfolgt.

5. Hydraulischer Wegverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebsmembran (2) integraler Bestandteil einer ersten Kappe (10) des Verstärkungshohlraums (3) ist, und daß die Arbeitsmembran (4) an einer zweiten Kappe (11) des Verstärkungshohlraums (3) befestigt ist.

6. Hydraulischer Wegverstärker nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kappen (10, 11) aus Halbleitermaterial bestehen und aus Wafern gefertigt werden.

7. Hydraulischer Wegverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuereinheit vorgesehen ist, mit der die der Antriebsmembran (2) zugeführte Energie dosierbar ist, womit unterschiedlich starke Auslenkungen der Arbeitsmembran (4) einstellbar sind.

8. Hydraulischer Wegverstärker nach einem der An-

sprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsmembran (4) als Antriebsteil einer Mikropumpe arbeitet.

9. Hydraulischer Wegverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Bereich (6) des Verstärkungshohlraums (3) mit großem Querschnitt einen ersten Volumenabschnitt (21) mit einer zugeordneten ersten Antriebsmembran (2) und mindestens einen zweiten Volumenabschnitt (22) mit einer zweiten zugeordneten Antriebsmembran besitzt, wobei die beiden Volumenabschnitte (21, 22) über einen fluidischen Widerstand (23) entkoppelt sind, und daß einer der beiden Volumenabschnitte in den Bereich (7) des Verstärkungshohlraums mit geringem Querschnitt mündet, in welchem die Arbeitsmembran (4) angeordnet ist.

10. Hydraulischer Wegverstärker nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Antriebsmembranen ineinander übergehen und zwei den beiden Volumenabschnitten (21, 22) zugeordnete Energiewandler (2, 20) tragen.

11. Hydraulischer Wegverstärker nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsmembran (4) in der Spitze (25) einer Pipette angeordnet ist.

12. Hydraulischer Wegverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsmembran (4) als Verschlußplatte eines Ventils (17) ausgestaltet ist.

13. Hydraulischer Wegverstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsmembran (4) aus einem lichtdurchlässigen Material besteht und als Linse mit veränderlicher Brennweite arbeitet.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

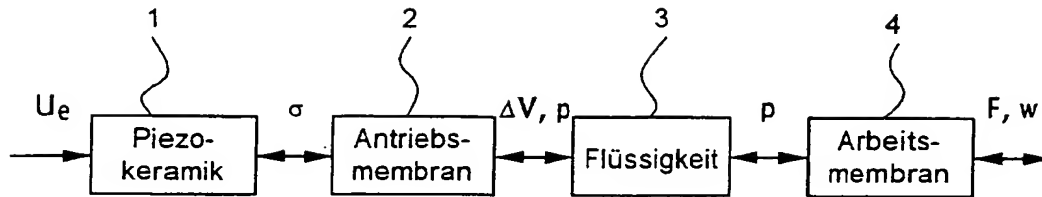
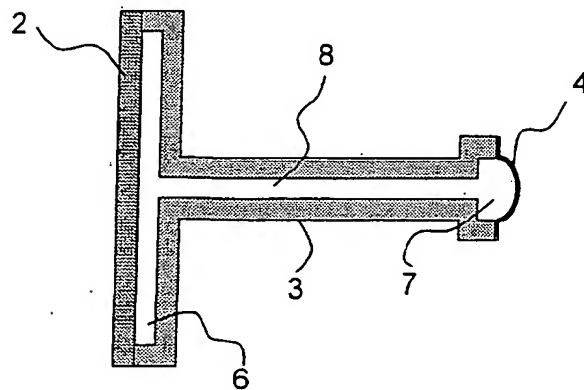
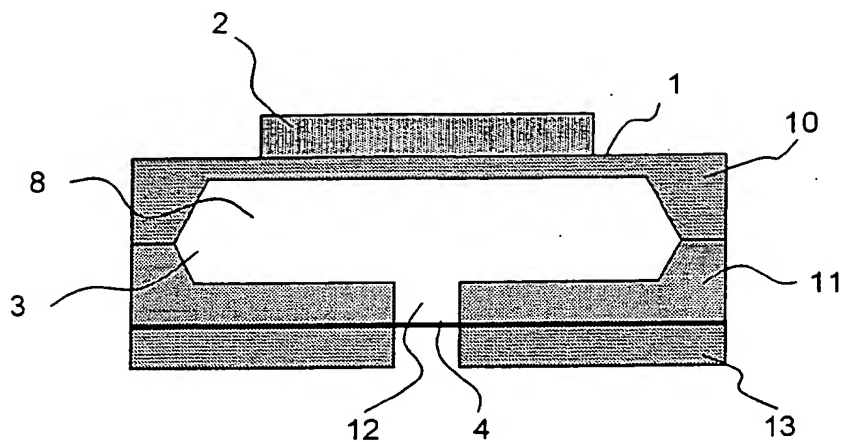


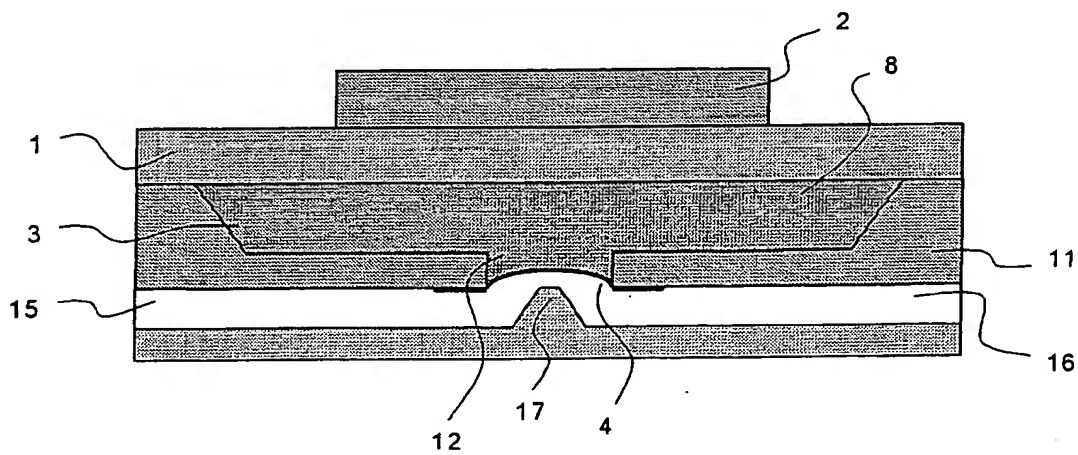
Fig. 2



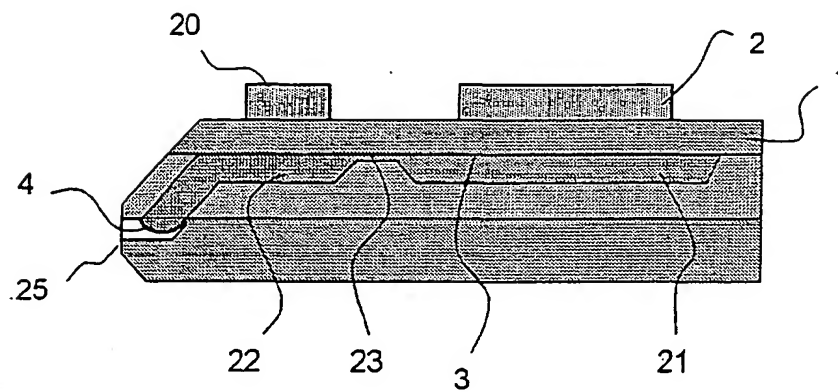
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

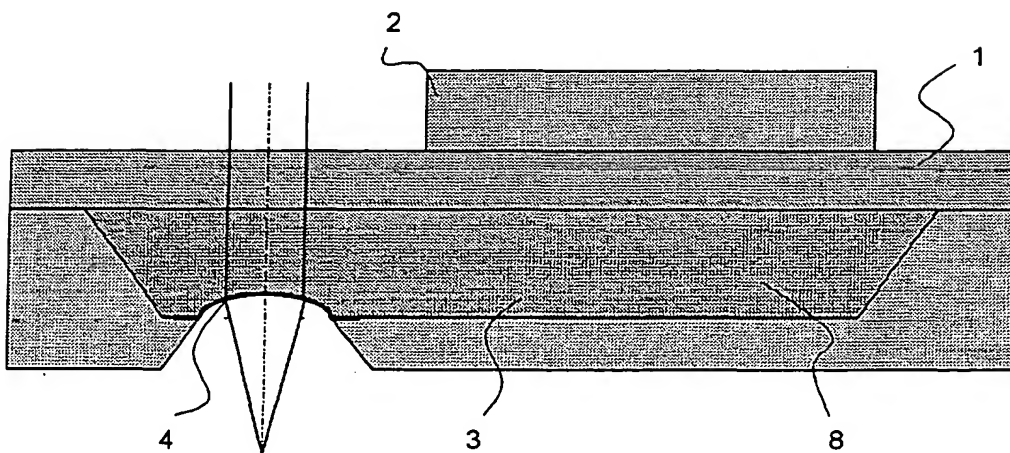
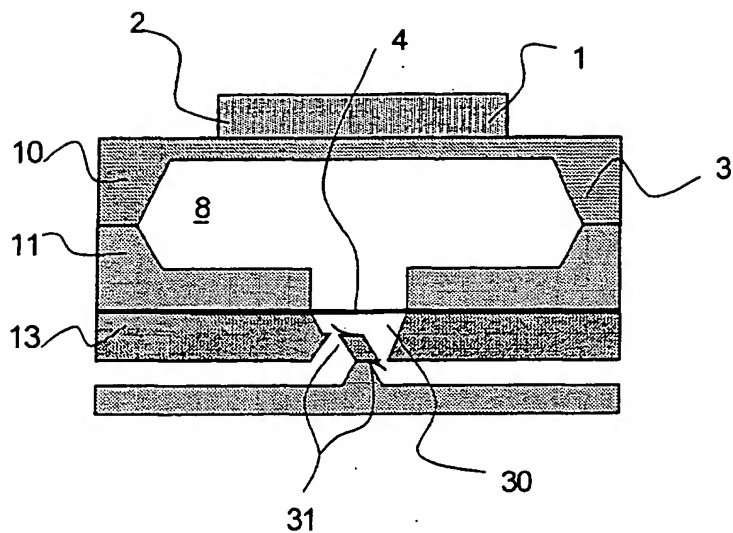


Fig. 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**